

Rec'd PCT/PTO 26 JUN 2004



10/500100

REC'D 19 FEB 2003

WIPO

PGI

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 101 63 751.9

Anmeldetag: 27. Dezember 2001

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

IPC: F 02 D 41/18

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 10. Februar 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoß

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

5 05.11.2001 beh/gga
Robert Bosch GmbH 70442 Stuttgart

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

10

Stand der Technik

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, mit einem Steuergerät zur Steuerung/Regelung der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit eines Luftmassensensorsignals eines ersten Luftmassensensors.

20

Ferner betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem Steuergerät zur Steuerung/Regelung der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit eines Luftmassensensorsignals eines ersten Luftmassensensors.

25

Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Steuergerät für eine Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, zur Steuerung/Regelung der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit eines Luftmassensensorsignals eines ersten Luftmassensensors.

30

Bekannte Betriebsverfahren haben den Nachteil, dass die Steuerung/Regelung der Brennkraftmaschine im Falle einer Störung des Luftmassensensorsignals bzw. des Luftmassensensors selbst derart beeinflusst wird, dass die Brennkraftmaschine nicht mehr im optimalen Betriebspunkt arbeitet.

35

Beispielsweise kann es bei Fahrt auf nassem Untergrund
vorkommen, dass Spritzwasser in einen Ansaugtrakt der
Brennkraftmaschine gelangt. Dort kann es einen Luftfilter
durchdringen und einen im Ansaugtrakt befindlichen
5 Luftmassensensor benetzen. Besonders nachteilig ist dieser
auch als Wassereintrag bezeichnete Effekt bei den häufig
eingesetzten Heißfilm-Luftmassensensoren, die eine
Heizfläche aufweisen, welche bei Kontakt mit in flüssiger
Phase befindlichem Wasser spontan abgekühlt wird, wodurch
10 das von dem Luftmassensensor erzeugte
Luftmassensensorsignal verfälscht wird.

Das die Brennkraftmaschine steuernde/regelnde Steuergerät
berechnet auf Basis des verfälschten
15 Luftmassensensorsignals einen falschen Wert für das
einzustellende Luft-Kraftstoff-Verhältnis, so dass die
Brennkraftmaschine, wie eingangs bereits erwähnt, nicht
mehr im optimalen Betriebspunkt arbeitet.

Darüber hinaus werden die Emissionswerte der
Brennkraftmaschine beeinflusst, da ein Teil des
eingetragenen Wassers bzw. des sich daraus bildenden
Wasserdampfes in einen Brennraum der Brennkraftmaschine
gelangt und einen Teil der zur Verbrennung erforderlichen
20 Luftmenge verdrängt.

Aufgabe und Vorteile der Erfindung

Demgemäß ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein
30 Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine
bereitzustellen, bei dem der Einfluss einer insbesondere
das Luftmassensensorsignal beeinflussenden Störgröße auf
die Regelung der Brennkraftmaschine verringert ist.

35 Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs
genannten Art dadurch gelöst, dass mindestens ein erstes

Hilfssignal verwendet wird und dass in Abhängigkeit von dem ersten Hilfssignal der Einfluss einer das Luftmassensensorsignal beeinflussenden Störgröße auf die Regelung der Brennkraftmaschine verringert wird.

5

10

Die erfindungsgemäße Miteinbeziehung des ersten Hilfssignals ermöglicht es, dass die Brennkraftmaschine trotz einer Störung des Luftmassensensorsignals im optimalen Betriebspunkt arbeiten kann. Im Vergleich zu herkömmlichen Betriebsverfahren für Brennkraftmaschinen ist somit auch bei Fahrt auf nassem Untergrund eine optimale Leistungsabgabe der Brennkraftmaschine sowie die Einhaltung gesetzlich vorgeschriebener Grenzwerte für die Emissionen der Brennkraftmaschine gewährleistet.

15

20

Eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Vergleich des ersten Hilfssignals oder eines aus dem ersten Hilfssignal abgeleiteten Signals mit dem Luftmassensensorsignal oder einem aus dem Luftmassensensorsignal abgeleiteten Signal durchgeführt wird, wobei ein Vergleichsergebnis erhalten wird.

25

30

Der Vergleich des ersten Hilfssignals mit dem Luftmassensensorsignal ermöglicht es, im Falle stark unterschiedlichen Signalverhaltens auf eine Störung des Luftmassensensors zu schließen. Auf diese Weise kann z.B. eine Benetzung der Heizfläche eines Heißfilm-Luftmassensensors mit Wasser erkannt werden. Es ist auch möglich, andersartige Störungen des Luftmassensensors, wie z.B. einen durch mechanische Beschädigung einer Signalleitung verursachten Signalabriss des Sensors zu erkennen.

35

Besonders vorteilhaft ist der Vergleich eines aus dem ersten Hilfssignal abgeleiteten Signals direkt mit dem

Luftmassensensorsignal oder auch mit einem aus dem
Luftmassensensorsignal abgeleiteten Signal. Dabei ergibt
sich die Möglichkeit, jeweils nur bestimmte
Signalkomponenten des ersten Hilfssignals mit in den
5 Vergleich einzubeziehen.

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen
Betriebsverfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass in
Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis eine Regelgröße für
10 die Steuerung der Brennkraftmaschine erhalten wird. Die
Verwendung dieser Regelgröße erlaubt es, die
Steuerung/Regelung der Brennkraftmaschine derart
anzupassen, dass eine Kompensation des Einflusses der
Störgröße auf das Luftmassensensorsignal durchgeführt
15 werden kann.

Es ist in einer sehr einfachen Verfahrensvariante möglich,
dass die Regelgröße aus der Differenz einer als Sollwert
für die in den Ansaugtrakt einströmende Luftmasse
20 interpretierten ersten Hilfsgröße und des
Luftmassensensorsignals erhalten wird.

In Weiterbildung dieser Verfahrensvariante ist es
zusätzlich möglich, die Regelgröße allein aus dem ersten
2 Hilfssignal zu erhalten, was immer dann zweckmäßig ist,
wenn das Luftmassensensorsignal sehr stark von einem zu
erwartenden Wert abweicht. Bei einem Totalausfall des
Luftmassensensors ist es mit dem erfindungsgemäßen
Verfahren immer noch möglich, die Brennkraftmaschine im
30 optimalen Betriebspunkt zu betreiben.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsart des
erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens ist dadurch
gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal aus
35 Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine erhalten wird, so
dass keine zusätzlichen externen Sensoren erforderlich

sind, um das erste Hilfssignal zu erhalten. Vielmehr kann das erste Hilfssignal aus der Stellung eines Fahrpedals, der Drehzahl, der Temperatur sowie weiteren Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine ermittelt werden.

5

Eine weitere, besonders vorteilhafte Ausführungsart der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal aus einem Signal einer Abgassonde wie z.B. einer Lambda-Sonde, erhalten wird. Bei dieser

10

Ausführungsform besteht die Möglichkeit, das Luftmassensensorsignal einer Plausibilitätsprüfung zu unterziehen, da aus dem Signal der Abgassonde unter Kenntnis der eingespritzten Kraftstoffmenge die tatsächlich dem Brennraum zugeführte Luftmasse berechnet werden kann.

15

Das Signal der Abgassonde wird, im Gegensatz zum Luftmassensensorsignal, nicht wesentlich durch in dem Brennraum befindlichen Wasserdampf verfälscht.

20

Falls das erste Hilfssignal deutlich von dem aus dem Luftmassensensorsignal gewonnenen Luftmassenwert abweicht, kann auf eine - möglicherweise durch im Ansaugtrakt befindliches Wasser hervorgerufene - Störung des ersten Luftmassensensors geschlossen werden. In diesem Fall ist es bei dem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren sogar möglich, das gestörte Luftmassensensorsignal zu verwerfen und als Ersatz das erste Hilfssignal als Eingangsgröße für das Steuergerät der Brennkraftmaschine zu verwenden.

2

30

Um die im Allgemeinen höhere Dynamik eines Heißfilm-Luftmassensensors im Vergleich zu einer Lambdasonde zu berücksichtigen, kann eine Mittelwertbildung der Messwerte des Luftmassensensorsignals vorgenommen werden. Alternativ ist es möglich, dem Luftmassensensor ein die Dynamik der Regelstrecke der Lambdasonde wiedergebendes Filter

35

nachzuschalten. Bei Ausbildung der Brennkraftmaschine als Diesel-Brennkraftmaschine ist es möglich, als Abgassonde

eine Magersonde einzusetzen.

Vorzugsweise erfolgt im Rahmen der vorbeschriebenen Plausibilitätskontrolle des Luftmassensensorsignals ein
5 permanenter Vergleich des Luftmassensensorsignals mit dem Signal der Abgassonde, wobei die Regelgröße zur Regelung/Steuerung der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis erhalten wird.

10 Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich folgende Schritte umfasst: Differenzieren des Luftmassensensorsignals, um ein differenziertes Luftmassensensorsignal zu erhalten,
15 Differenzieren des ersten Hilfssignals, um ein differenziertes Hilfssignal zu erhalten, und Differenzbildung aus dem differenzierten Luftmassensensorsignal und dem differenzierten Hilfssignal, um ein Differenzsignal zu erhalten, wobei das
20 Differenzsignal ein Maß für den Unterschied der zeitlichen Änderung zwischen dem Signal des ersten Luftmassensensors und dem ersten Hilfssignal ist. Das erste Hilfssignal wird vorzugsweise aus den Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine oder aus dem Signal einer Abgassonde erhalten und kann als
2 Sollwert für die Luftmasse interpretiert werden.

Falls das Differenzsignal einen vorgebbaren Schwellwert überschreitet, was einem stark abweichenden
Dynamikverhalten des Luftmassensensorsignals vom ersten
30 Hilfssignal entspricht, wird bei dieser Ausführungsform eine Störung bzw. ein Fehler des Luftmassensensors erkannt. Vorteilhaft für eine einfache Weiterverarbeitung des Differenzsignals ist das Normieren des differenzierten Luftmassensensorsignals auf einen zeitlichen Mittelwert des
35 Luftmassensensorsignals, und das Normieren des differenzierten Hilfssignals auf einen zeitlichen

Mittelwert des ersten Hilfssignals sowie Betragsbildung des Differenzsignals, um ein positives Differenzsignal zu erhalten. Schließlich wird das Differenzsignal mit mindestens einem vorgebbaren Schwellwert verglichen. Bleibt
5 die vorstehend genannte Betragsbildung aus, so sind entsprechend zwei Schwellwerte für das Differenzsignal zu wählen.

Der Schwellwert erlaubt es, den maximalen Wert / die
10 extremalen Werte des Differenzsignals festzulegen, bei dem / denen eine Differenz zwischen dem Luftmassensensorsignal und dem ersten Hilfssignal noch nicht als Störung des Luftmassensensorsignals aufgefaßt wird.

Im Falle eines einzigen Schwellwerts wird bei dessen
15 Überschreitung das erste Hilfssignal als Regelgröße erhalten. Das Luftmassensensorsignal wird als Regelgröße erhalten, wenn das Vergleichsergebnis angibt, dass das Differenzsignal kleiner oder gleich dem Schwellwert ist.
20 Ein analoges Vorgehen ist im Falle von zwei Schwellwerten vorgeschlagen.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des
2 erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens wird das erste Hilfssignal aus einem Signal eines zweiten Luftmassensensors erhalten. Der zusätzliche zweite Luftmassensensor ermöglicht ebenso wie die Abgassonde eine Plausibilitätskontrolle des Luftmassensensorsignals des ersten Luftmassensensors.

Eine andere vorteilhafte Ausführungsform der vorliegenden
30 Erfindung sieht vor, dass das erste Hilfssignal aus einem Signal eines bereits vorhandenen Regensensors des Kraftfahrzeugs erhalten wird. Regensensoren werden
35 beispielsweise zur Scheibenwischersteuerung eingesetzt und das von ihnen gelieferte Signal kann als ein Maß für die

Niederschlagsmenge verwendet werden. Aus der Niederschlagsmenge, die mit der das Luftmassensensorsignal beeinflussenden Störgröße, nämlich der auf die Heizfläche des Heißfilm-Luftmassensensors auftreffenden Wassermenge, korreliert ist, kann die Regelgröße ermittelt werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal aus einem Signal eines kapazitiven Sensors erhalten wird, wobei der kapazitive Sensor als integraler Bestandteil des ersten Luftmassensensors ausgebildet ist. Eine besonders kleinbauende Variante ergibt sich daraus, dass die Oberfläche des bereits vorhandenen ersten Luftmassensensors als eine erste Kondensatorplatte des kapazitiven Sensors verwendet wird. Eine zweite Kondensatorplatte des kapazitiven Sensors kann bspw. in einem Gehäuse des ersten Luftmassensensors angeordnet sein.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal aus einem Signal eines ohmschen Sensors erhalten wird, wobei der ohmsche Sensor als integraler Bestandteil des ersten Luftmassensensors ausgebildet ist. Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass der ohmsche Sensor mindestens zwei, vorzugsweise aus korrosionsbeständigem Material bestehende, Elektroden aufweist. Dadurch wird gewährleistet, dass der ohmsche Sensor auch für den Langzeitbetrieb geeignet ist.

Eine weitere sehr vorteilhafte Ausführungsart der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass der ohmsche Sensor auf der Oberfläche des ersten Luftmassensensors angeordnet ist.

In vorteilhafter Weiterbildung des erfindungsgemäßen

Betriebsverfahrens wird das erste Hilfssignal aus dem Signal des kapazitiven Sensors und dem Signal des ohmschen Sensors erhalten. Auf die Oberfläche des Luftmassensensors auftreffende Wassertropfen sind durch Veränderung der Kapazität bzw. des Leitwerts des jeweiligen Sensors zuverlässig detektierbar. Im Falle eines Heißfilm-Luftmassensensors ist eine Anordnung des kapazitiven / ohmschen Sensors direkt auf der Heizfläche sinnvoll.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht im Rahmen des Vergleichs eine Differenzbildung aus dem ersten Hilfssignal und dem Luftmassensensorsignal vor, um die Regelgröße zu erhalten. Hierbei wird das erste Hilfssignal vorzugsweise aus den Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine wie z. B. der Fahrpedalstellung, der Drehzahl und weiteren Größen ermittelt. Das erste Hilfssignal stellt in diesem Fall einen aus den Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine erhaltenen Sollwert für die der Brennkraftmaschine zuzuführende Luftmasse dar, wodurch sich die Möglichkeit zum Vergleich mit dem tatsächlich vom Luftmassensensor erfassten Luftmassensignal ergibt.

Besonders vorteilhaft ist die Filterung des Luftmassensensorsignals vor der Differenzbildung, um ein gefiltertes Luftmassensensorsignal zu erhalten, wodurch nur diejenigen Signalfrequenzen des Luftmassensensorsignals in den Vergleich miteinbezogen werden, die für den Vergleich von Bedeutung sind. Bspw. werden bei Verwendung eines Tiefpasses zur Filterung hochfrequente Signalanteile des Luftmassensensorsignals herausgefiltert und gehen nicht in die Differenzbildung ein.

Aus Messungen ist bekannt, dass derartige hochfrequente Signalanteile des Luftmassensensorsignals durch Auftreffen von Wassertropfen auf die Heizfläche des Luftmassensensors

und das damit zusammenhängende spontane Abkühlen der Heizfläche entstehen.

5 Diese hochfrequenten Signalanteile können als Störgröße aufgefaßt werden, da sie keine direkt auswertbare Information über die durch den Ansaugtrakt tretende Luftmasse beinhalten und wirken sich störend auf die Differenzbildung und somit auch auf die Regelgröße aus. Dies wird durch den erfindungsgemäßen Einsatz eines
10 Tiefpasses verhindert. Es ist dabei besonders zweckmäßig, die Grenzfrequenz des Tiefpasses derart zu wählen, dass ein größtmöglicher Anteil der Signalenergie der hochfrequenten Signalanteile durch den Tiefpass herausgefiltert wird, um den Einfluß der Störgröße zu minimieren.

15 Eine besonders vorteilhafte Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht dazu vor, dass die Grenzfrequenz des Tiefpasses dynamisch und in Abhängigkeit von Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine gewählt wird. Auf diese Weise ist
20 eine besonders gute Unterdrückung der Störgröße durch den Tiefpaß möglich. Außerdem können damit weitere störende Signalanteile des Luftmassensensorsignals unterdrückt werden, deren Spektrum vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine abhängt.

2 Eine ganz besonders vorteilhafte, weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfrequenz des Tiefpasses in
30 Abhängigkeit von einem Modell der Brennkraftmaschine gewählt wird. Als Modell kann bspw. ein sog. Streckenmodell der Brennkraftmaschine eingesetzt werden, das in Abhängigkeit der Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine eine Information über das Spektrum zulässiger
35 Luftmassensensorsignale im jeweiligen Zustand der Brennkraftmaschine liefert.

Mit dieser Information ist es möglich, die Grenzfrequenz des Tiefpasses so zu wählen, dass nur Spektralanteile des Luftmassensensorsignals in die Differenzbildung mit eingehen, die nicht von einer Störbeeinflussung herrühren.

5

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal durch Filterung mit einem Hochpaß aus dem Luftmassensensorsignal erhalten wird und als eine Regelgröße zur Steuerung der Brennkraftmaschine verwendet wird.

10

15

20

Wie bereits erwähnt, ist es bekannt, dass auf die Heizfläche eines Heißfilm-Luftmassensensors auftreffende Wassertropfen insbesondere hochfrequente Signalanteile hervorrufen, die durch den erfindungsgemäß eingesetzten Hochpaß von den niederfrequenten Signalanteilen des Luftmassensensorsignals getrennt werden können. Das erste Hilfssignal ist in diesem Fall ein Maß für die auf dem Luftmassensensor auftreffende Wassermenge und kann als Regelgröße verwendet werden.

25

Zur Steigerung der Genauigkeit des Verfahrens ist auch bei dieser Variante die Wahl der Grenzfrequenz des Hochpasses dynamisch und in Abhängigkeit von Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine durchzuführen, um auszuschließen, dass das erste Hilfssignal auch Signalanteile von einem Nutzsignal des Luftmassensensors enthält.

30

35

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass ein zweites Hilfssignal durch Filterung mit einem Tiefpass aus dem Luftmassensensorsignal erhalten wird, und dass die Regelgröße aus dem ersten Hilfssignal, dem zweiten Hilfssignal und Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine erhalten wird. Bei dieser Ausführungsform stellt das erste

Hilfssignal ein Maß für die auf dem Luftmassensensor auftreffende Wassermenge dar, das zweite Hilfssignal stellt das eigentliche Nutzsignal des Luftmassensensors dar, das die durch den Ansaugtrakt strömende Luftmasse repräsentiert, und aus den Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine kann wiederum eine Grenzfrequenz des Tiefpasses/Hochpasses dynamisch gewählt werden.

Es ist denkbar, dass die Grenzfrequenz des Tiefpasses übereinstimmt mit der Grenzfrequenz des Hochpasses. Um eine spektrale Trennung des ersten und des zweiten Hilfssignals voneinander zu erhalten, ist es auch möglich, anstelle des Tiefpasses und des Hochpasses eine Bandsperre einzusetzen, deren untere Grenzfrequenz mit der Grenzfrequenz des Tiefpasses übereinstimmt und deren obere Grenzfrequenz mit der Grenzfrequenz des Hochpasses übereinstimmt.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die Grenzfrequenz des Hochpasses/Tiefpasses in Abhängigkeit von einem Modell der Brennkraftmaschine gewählt wird. Alternativ ist es auch möglich, dass die obere und die untere Grenzfrequenz der Bandsperre in Abhängigkeit von einem Modell der Brennkraftmaschine gewählt werden.

Eine weitere, ganz besonders vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem zwei Luftmassensensoren so in einem Ansaugrohr der Brennkraftmaschine angeordnet sind, dass in das Ansaugrohr einströmende Luft zuerst den ersten Luftmassensensor und dann den in Strömungsrichtung der angesaugten Luft in einem Abstand entfernten zweiten Luftmassensensor erreicht, weist im Rahmen des Vergleichs folgende Schritte auf: Verzögern des Luftmassensensorsignals um eine Verzögerungszeit, um ein verzögertes Luftmassensensorsignal zu erhalten, Subtrahieren des ersten Hilfssignals vom

verzögerten Luftmassensensorsignal, um ein Differenzsignal zu erhalten, Integrieren des Differenzsignals, um ein Indikatorsignal zu erhalten, Differenzieren des verzögerten Luftmassensensorsignals, um ein differenziertes
5 Luftmassensensorsignal zu erhalten, Bilden des Betrags des differenzierten Luftmassensensorsignals, um ein positives Luftmassensensorsignal zu erhalten, Differenzieren des ersten Hilfssignals, um ein differenziertes Hilfssignal zu erhalten, Bilden des Betrags des differenzierten
10 Hilfssignals, um ein positives Hilfssignal zu erhalten, Subtrahieren des positiven Hilfssignals von dem positiven Luftmassensensorsignal, um ein weiteres Differenzsignal zu erhalten.

15 Das aus dem Differenzsignal erhaltene Indikatorsignal ist ein Maß für die im Ansaugrohr bzw. im Ansaugtrakt enthaltene Wassermenge, und das Vorzeichen des weiteren Differenzsignals sagt aus, welcher der beiden Luftmassensensoren die größere Signaländerung liefert.
20 Erfindungsgemäß wird beim Überschreiten eines vorgebbaren Schwellwerts für das Indikatorsignal, d.h. bei Wassereintrag in den Ansaugtrakt, die Regelgröße aus dem Indikatorsignal und dem Signal desjenigen Luftmassensensors erhalten, bei dem die kleinere Signaländerung festgestellt worden ist. Dieser Mechanismus berücksichtigt die Tatsache, dass hochfrequente Signalanteile im Luftmassensensorsignal
höchstwahrscheinlich von auf die Heizfläche eines Luftmassensensors auftreffenden Wassertropfen oder sonstigen Störeinflüssen herrühren, und nicht von
30 üblicherweise niederfrequenten, betriebsgemäßen Änderungen im Luftmassenstrom durch den Ansaugtrakt.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet,
35 dass beide Luftmassensensoren nebeneinander angeordnet sind, dass der Verzögerungsschritt entfällt, und dass der

zweite Luftmassensensor mit einem Wassertropfenabscheider
versehen ist. Besonders vorteilhaft ist bei einer weiteren
Verfahrensvariante gemäß der Erfindung, dass ein das
dynamische Verhalten des Wassertropfenabscheiders
5 simulierendes Modell bei der Verarbeitung des
Luftmassensensorsignals und/oder des ersten Hilfssignals
berücksichtigt wird. Das Modell ermöglicht es, das durch
den Wassertropfenabscheider veränderte dynamische Verhalten
des zweiten Luftmassensensors zu berücksichtigen, um die
10 Vergleichbarkeit der Sensorsignale des ersten
Luftmassensensors und des zweiten Luftmassensensors zu
gewährleisten.

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen
15 Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass beide
Luftmassensensoren in einer gemeinsamen Sensoranordnung,
vorzugsweise in einem gemeinsamen Gehäuse, integriert sind.

Eine weitere, besonders vorteilhafte Ausführungsform des
20 erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet,
dass der erste Luftmassensensor als Heißfilm-
Luftmassensensor ausgebildet ist.

Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des
erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines
Computerprogramms, das für ein Steuergerät einer
Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs
vorgesehen ist. Das Computerprogramm weist Programmcode
auf, der dazu geeignet ist, das erfindungsgemäße Verfahren
30 durchzuführen, wenn er auf einem Computer ausgeführt wird.
Weiterhin kann der Programmcode auf einem computerlesbaren
Datenträger gespeichert sein, bspw. auf einem sog. Flash-
Memory. In diesen Fällen wird also die Erfindung durch das
Computerprogramm realisiert, so dass das Computerprogramm in
35 gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren,
zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist.

Als weitere Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist eine Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 43 angegeben. Noch eine Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist durch ein Steuergerät gemäß Anspruch 44 angegeben.

5 Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle
10 beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung
15 bzw. in der Zeichnung.

Figur 1 zeigt schematisch einen Signalflußplan, der einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zugrunde liegt,

20 Figur 1a zeigt ein mit dem Signalflußplan aus Fig. 1 korrespondierendes Ablaufdiagramm,

2 Figur 2 zeigt schematisch einen Signalflußplan einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,

Figur 2a zeigt ein mit dem Signalflußplan aus Fig. 2 korrespondierendes Ablaufdiagramm,

30 Figur 3 zeigt einen Signalflußplan einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Figur 4 zeigt schematisch die Anordnung der Heißfilm-Luftmassensensoren HFM_1, HFM_2 im Ansaugrohr 4 sowie den zugehörigen Signalflußplan,
35

Figur 4a zeigt ein Ablaufdiagramm der dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

5 Figur 5 zeigt eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine.

Fig. 1 zeigt einen Signalflußplan einer ersten erfindungsgemäßen Verfahrensvariante, bei der ein erstes Hilfssignal H₁ zusammen mit einem Luftmassensensorsignal L₁ eines ersten Heißfilm-Luftmassensensors HFM₁ (Fig. 5) ausgewertet wird. Der Luftmassensensor HFM₁ ist im Ansaugtrakt 3 einer Brennkraftmaschine 1 (Fig. 5) angeordnet und gibt ein Signal L₁ aus, dessen Wert proportional zu der den Ansaugtrakt durchströmenden Luftmasse ist.

Die Auswertung der Signale L₁, H₁ erlaubt es, den Einfluß einer auf das Luftmassensensorsignal L₁ wirkenden Störgröße auf die von dem Steuergerät 2 durchgeführte Steuerung/Regelung der Brennkraftmaschine 1 zu verringern. Die zeitliche Abfolge der Verfahrensschritte für die Auswertung ist dem Ablaufdiagramm von Figur 1a zu entnehmen.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, wird das Hilfssignal H₁ aus folgenden Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine 1 erhalten: aus dem Druck P der Frischluft außerhalb des Ansaugtraktes 3, aus der Temperatur T der Frischluft und aus der Drehzahl n der Brennkraftmaschine 1, sowie ggf. auch noch aus weiteren Zustandsgrößen (nicht gezeigt) der Brennkraftmaschine 1. Das Hilfssignal H₁ gibt die aus den Zustandsgrößen P, T, n mit Hilfe der allgemeinen Gasgleichung ermittelte Luftmasse an, die die Brennkraftmaschine 1 bei dem Betrieb mit den Zustandsgrößen P, T, n benötigt.

Das erste Hilfssignal H_1 wird dem Differenzierer 20 zugeführt, der in einem Schritt 211 des Ablaufdiagramms aus Figur 1a aus dem ersten Hilfssignal H_1 ein differenziertes Hilfssignal H_{1_1} bildet.

Anschließend wird das differenzierte Hilfssignal H_{1_1} auf einen zeitlichen Mittelwert H_{1_m} des ersten Hilfssignals H_1 normiert, was in dem Schritt 211a aus Fig. 1a erfolgt.

Parallel zu den Schritten 211, 211a wird das Luftmassensensorsignal L_1 des ersten Luftmassensensors HFM_1 (Fig. 5) einem weiteren Differenzierer 21 (Fig. 1) zugeführt, was in Schritt 210 aus Fig. 1a erfolgt. Der Differenzierer 21 aus Fig. 1 liefert ein differenziertes Luftmassensensorsignal L_{1_1} , das in einem folgenden Schritt 210a (Fig. 1a) auf einen zeitlichen Mittelwert L_{1_m} des Luftmassensensorsignals L_1 normiert wird.

Die sich in Schritt 220 anschließende Differenzbildung aus dem differenzierten Luftmassensensorsignal L_{1_1} und dem differenzierten Hilfssignal H_{1_1} in dem Subtrahierer 22 (Fig. 1) liefert ein Differenzsignal D_{1_1} . Schließlich wird in Schritt 230 der Betrag des Differenzsignals D_{1_1} gebildet, um ein positives Differenzsignal D_{1_1}' zu erhalten, welches in einem darauf folgenden Schritt 240 von einem Filter 23 gefiltert wird.

Das gefilterte Differenzsignal $D_{1_1}^*$ wird in einem Vergleich 24 mit einem vorgebbaren Schwellwert S_1 verglichen, um ein Vergleichsergebnis VE zu erhalten. Der Vergleich des gefilterten Differenzsignals $D_{1_1}^*$ mit dem vorgebbaren Schwellwert S_1 erfolgt im Schritt 250 aus Fig. 1a.

Für das aufgrund der Betragsbildung im Schritt 230 stets positive gefilterte Differenzsignal $D_{1_1}^*$ existieren zwei

mögliche Vergleichsergebnisse VE bei dem Vergleich 250 mit dem vorgebbaren Schwellwert S₁.

Das Differenzsignal D_{1_1} gibt den Unterschied zwischen der zeitlichen Änderung des Luftmassensensorsignals L₁ des Luftmassensensors HFM₁ und der zeitlichen Änderung des ersten Hilfssignals H₁ an. Solange das Differenzsignal D_{1_1} einen gewissen Grenzwert nicht überschreitet, wird davon ausgegangen, dass keine Störbeeinflussung des Signals L₁ des Luftmassensensors HFM₁ vorliegt. In diesem Fall wird das Signal L₁ als Regelgröße R erhalten (Fig. 1a).

Sobald jedoch der Grenzwert überschritten wird, wird angenommen, dass eine Störbeeinflussung des Signals L₁ vorliegt, die die Ursache für das abweichende Dynamikverhalten der Signale L₁, H₁ darstellt. Dann wird als Regelgröße R das erste Hilfssignal H₁ erhalten, d.h. das in Fig. 5 abgebildete Steuergerät 2 erhält als Eingangsgröße für die durch den Ansaugtrakt 3 strömende Luftmasse kein Signal L₁ eines externen Sensors, sondern eine im Steuergerät 2 selbst berechnete Größe.

Die Störbeeinflussung kann von Einstreuungen, die sich aufgrund hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung im Bereich von Verbindungsleitungen des Luftmassensensors HFM₁ ergeben, herrühren. Eine weitere Ursache ist durch das Auftreffen von Wassertropfen auf die Heizfläche des Luftmassensensors HFM₁ und die damit einhergehende spontane Abkühlung der Heizfläche gegeben.

Das beschriebene Verfahren verhindert Drehzahlschwankungen oder einen plötzlichen Leistungsabfall der Brennkraftmaschine 1 sowie das Überschreiten von Grenzwerten für die Emissionen der Brennkraftmaschine 1, indem bei einer Störung des Luftmassensensorsignals L₁ ersatzweise das Hilfssignal H₁ als Regelgröße R bzw. als

Eingangsgröße für das Steuergerät 2 der Brennkraftmaschine 1 verwendet wird.

Der Signalflußplan einer zweiten Ausführungsform der Erfindung ist in Fig. 2 dargestellt und zeigt gleichzeitig einen Regelkreis der Brennkraftmaschine 1. Das zugehörige Ablaufdiagramm ist Fig. 2a zu entnehmen.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, liefert der Luftmassensensor HFM_1 ein Luftmassensensorsignal L_1, das aus dem Wert der Luftmasse im Ansaugtrakt 3 der Brennkraftmaschine 1 und einer diesem Wert überlagerten Störgröße S_X erhalten wird.

Wie bereits angesprochen, symbolisiert die Störgröße S_X Signalstörungen des Luftmassensensorsignals L_1, die beispielsweise von auf die Heizfläche des Luftmassensensors HFM_1 auftreffenden Wassertropfen verursacht werden.

Gemäß Fig. 2a wird das Signal L_1 zunächst in einem Schritt 340 von einem Tiefpaß 340a gefiltert, was ein gefiltertes Luftmassensensorsignal L_1* ergibt. Das gefilterte Luftmassensensorsignal L_1* wird anschließend von einem Hilfssignal H_1 in einem Schritt 380 subtrahiert.

Wie im vorigen Beispiel wird das Hilfssignal H_1 rechnerisch aus Zustandsgrößen P, T, n der Brennkraftmaschine 1 erhalten. Die Differenzbildung 380 liefert die Regelgröße R, die dem Steuergerät 2 als Eingangsgröße zugeführt wird und die Regelung der Brennkraftmaschine 1 beeinflusst.

Die Regelgröße R wirkt beispielsweise auf einen Regelkreis für die Abgasrückführung. Dadurch kann das der Brennkraftmaschine 1 zugeführte Luft-Kraftstoff-Gemisch auf den optimalen Wert eingestellt werden.

Im Idealzustand nimmt die Regelgröße R den Wert Null an, d.h. die vom Luftmassensensor HFM_1 erfaßte Luftmasse ist genauso groß wie die rechnerisch ermittelte Luftmasse des Hilfssignals H_1. Sobald die Störgröße S_X einen von Null verschiedenen Wert annimmt, z.B. bei Wassereintrag in den Ansaugtrakt, ergibt sich auch für die Regelgröße R ein Wert ungleich Null.

Um zu verhindern, dass die Störgröße S_X die Regelung der Abgasrückführung beeinflusst, wird das Luftmassensensorsignal L_1 durch den Tiefpaß 340a gefiltert. Davon ausgehend, dass die Störgröße S_X im Vergleich zu der zu messenden Luftmasse üblicherweise, besonders aber bei Wassereintrag in den Ansaugtrakt 3, hochfrequente Signalanteile liefert, wird die Grenzfrequenz des Tiefpasses 340a so gewählt, dass gerade alle niederfrequenten Signalanteile des Luftmassensensorsignals L_1 durchgelassen und damit bei der Ermittlung der Regelgröße R miteinbezogen werden. Hochfrequente, auf die Störgröße zurückzuführende Signalanteile, werden von dem Tiefpaß 340a nicht durchgelassen und können somit die Bildung der Regelgröße R nicht beeinflussen.

Besonders vorteilhaft ist es, die Grenzfrequenz dynamisch, d.h. während des Betriebs der Brennkraftmaschine 1, zu wählen, und zwar in Abhängigkeit eines sog. Streckenmodells der Brennkraftmaschine 1. Das Streckenmodell liefert in Abhängigkeit der Zustandsgrößen P, T, n, Informationen über das Spektrum des Luftmassensensorsignals L_1. Diese Informationen umfassen auch die höchste zu erwartende Signalfrequenz des Signals L_1. Mit diesen Informationen ist es möglich, nur denjenigen Teil des Spektrums des Signals L_1 in die Bildung der Regelgröße R miteinzubeziehen, der die tatsächlich erfaßte Luftmasse angibt.

In Figur 3 ist der Signalflußplan einer Erfindungsvariante angegeben, die sowohl einen Hochpaß 440a als auch einen Tiefpaß 442a aufweist.

5 Ausgehend von dem Luftmassensensorsignal L_1 des
Luftmassensensors HFM_1 wird das erste Hilfssignal H_1 aus
Hochpaßfilterung des Signals L_1 mit dem Hochpaß 440a
erhalten. Das zweite Hilssignal H_2 wird aus
10 Tiefpaßfilterung des Signals L_1 mit dem Tiefpaß 442a
erhalten.

Die Regelgröße R wird dabei aus beiden Hilfssignalen H_1 ,
 H_2 und, analog zu den vorigen Beispielen, aus
Zustandsgrößen (nicht in Fig. 3 dargestellt) der
15 Brennkraftmaschine 1 (vgl. Fig. 5) erhalten.

Bei dieser Variante wird die im Ansaugtrakt 3 der
Brennkraftmaschine 1 befindliche Wassermenge durch das
Hilfssignal H_1 repräsentiert, das aufgrund der
20 Hochpaßfilterung nur die von auf die Heizfläche des Sensors
HFM_1 treffenden Wassertropfen herrührenden Signalanteile
erhält.

Die niederfrequenten Signalanteile des
2 Luftmassensensorsignals L_1 , die den tatsächlichen
Luftmassenstrom angeben, bilden das zweite Hilfssignal H_2 .

Die Grenzfrequenzen der Filter 440a, 442a werden in
Abhängigkeit eines Modells der Brennkraftmaschine 1 gewählt
30 und dynamisch an den jeweiligen Betriebszustand angepasst.

Unter Kenntnis der Wassermenge im Ansaugtrakt 3 aus dem
ersten Hilfssignal H_1 , der tatsächlichen Luftmasse aus dem
zweiten Hilfssignal H_2 , sowie aus Zustandsgrößen der
35 Brennkraftmaschine 1 und ggf. weiteren Parametern der
Verbrennung kann die in den Brennräumen der

Brennkraftmaschine 1 tatsächlich zur Verfügung stehende Luftmasse berechnet werden.

5 Damit ist es auch bei in flüssiger Phase vorliegendem Wasser im Ansaugtrakt 3 der Brennkraftmaschine 1 möglich, die Brennkraftmaschine 1 im optimalen Betriebspunkt zu betreiben.

10 Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in Figur 4 abgebildet. In dem Ansaugrohr 4 sind zwei Heißfilm-Luftmassensensoren HFM_1, HFM_2 in einem Abstand D voneinander angeordnet. Der Pfeil symbolisiert die Strömungsrichtung der in das Ansaugrohr 4 strömenden Luft.

15 Wie aus Fig. 4 ersichtlich, wird zuerst der erste Luftmassensensor HFM_1 von einem einströmenden Luftvolumen umgeben, und nach einer vom Abstand D abhängigen Laufzeit wird auch der zweite Heißfilm-Luftmassensensor HFM_2 von dem einströmenden Luftvolumen umgeben.

20 Der erste Sensor HFM_1 liefert das Luftmassensensorsignal L_1, und der zweite Sensor HFM_2 liefert das erste Hilfssignal H_1. Um den durch den Abstand D hervorgerufenen Laufzeitunterschied zwischen dem Luftmassensensorsignal L_1 und dem ersten Hilfssignal H_1 auszugleichen, ist das Zeitglied 510a vorgesehen. Es verzögert (vgl. Ablaufdiagramm Fig. 4a) das Luftmassensensorsignal L_1 um die Zeit, die ein in das Ansaugrohr 4 einströmendes Luftvolumen benötigt, um von dem ersten Sensor HFM_1 zu dem zweiten Sensor HFM_2 zu gelangen, und liefert das verzögerte Luftmassensensorsignal L_1_delta_T, welches anschließend in dem Differenzierer 540a differenziert wird, um ein differenziertes Luftmassensensorsignal L_1_delta_T_1 zu erhalten. Die Verzögerungszeit des Zeitglieds 510a ist
30
35 einstellbar und wird so gewählt, dass die Differenz aus den Signalen L_1_delta_T und H_1 bei Abwesenheit von Wasser im

Ansaugrohr 4 Null ist.

Das vom zweiten Sensor HFM_2 gelieferte erste Hilfssignal H_1 wird in dem Differenzierer 542a differenziert, um ein differenziertes Hilfssignal H1_1 zu erhalten. Beide Differenzierer 540a, 542a führen auch eine Betragsbildung durch, so dass am jeweiligen Ausgang ein positives Luftmassensensorsignal L_1_delta_T_1' bzw. ein positives Hilfssignal H1_1' vorliegt.

Schließlich wird das positive Hilfssignal H1_1' von dem positiven Luftmassensensorsignal L_1_delta_T_1' subtrahiert, um ein weiteres Differenzsignal Z_Diff zu erhalten.

Darüberhinaus wird das erste Hilfssignal H_1 von dem verzögerten Luftmassensensorsignal L_1_delta_T subtrahiert, und das resultierende Differenzsignal D_L_H wird in dem Integrierer 530a integriert, um ein Indikatorsignal A_L_H zu erhalten.

Das Indikatorsignal ist ein Maß für die Abweichung der von den Sensoren HFM_1, HFM_2 gemessenen Signale; aus dieser Abweichung kann auf die in das Ansaugrohr 4 eingetragene Wassermenge geschlossen werden. Das Differenzsignal Z_Diff gibt an, welcher der beiden Sensoren HFM_1, HFM_2 eine größere Signaländerung erfaßt.

Sobald das Indikatorsignal A_L_H einen vorgebbaren Schwellwert überschreitet, wird die Regelgröße R (nicht in Fig. 4 dargestellt) entweder aus dem Luftmassensensorsignal L_1 oder aus dem ersten Hilfssignal H_1 erhalten.

Um einen möglichst zuverlässigen Wert für die gemessene Luftmasse zur Bildung der Regelgröße R zu erhalten, wird in diesem Fall dasjenige Sensorsignal zur Bildung der

Regelgröße R verwendet, dessen Signaländerung kleiner ist.

Wenn das Differenzsignal $Z_{Diff} > 0$, so ist die
Signaländerung des Luftmassensensorsignals L_1 größer als
5 die Signaländerung des ersten Hilfssignals H_1 ; dann wird
das Luftmassensensorsignal L_1 ignoriert und die Regelgröße
R wird aus dem ersten Hilfssignal H_1 gebildet. Analog wird
bei negativem Differenzsignal Z_{Diff} die Regelgröße R aus
dem Luftmassensensorsignal L_1 gebildet.

10 Mit Hilfe des Indikatorsignals A_{L_H} , aus dem auf die
eingetragene Wassermenge geschlossen werden kann, und unter
Verwendung des jeweils nicht ignorierten Sensorsignals als
Maß für die tatsächliche Luftmenge im Ansaugtrakt 3 kann
15 die Regelgröße R gebildet werden, um die korrekte Menge des
einzuspritzenden Kraftstoffs in Abhängigkeit der
tatsächlich im Brennraum zur Verfügung stehenden Luftmasse
zu berechnen.

20 Die beiden Luftmassensensoren HFM_1 , HFM_2 können im
Ansaugrohr 4 auch nebeneinander angeordnet sein, wobei der
zweite Luftmassensensor HFM_2 mit einem Wasserabscheider
(nicht gezeigt) versehen ist. Da der Wasserabscheider das
dynamische Verhalten des zweiten Luftmassensensors HFM_2
2 ändert, muss ein Modell des dynamischen Verhaltens des
Wassertropfenabscheiders dem ersten Luftmassensensor HFM_1
nachgeschaltet werden, um die Vergleichbarkeit beider
Sensorsignale zu gewährleisten.

30 Bei dieser Variante liefert eine Abweichung der
Sensorsignale der beiden Luftmassensensoren HFM_1 , HFM_2
ein Maß für die in das Ansaugrohr 4 eingetragene
Wassermenge. Vorzugsweise sind beide Luftmassensensoren
 HFM_1 , HFM_2 in demselben Gehäuse angeordnet.

5 05.11.2001 beh/gga
Robert Bosch GmbH , 70442 Stuttgart

Ansprüche

- 10 1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1)
insbesondere eines Kraftfahrzeugs, mit einem Steuergerät
(2) zur Steuerung/Regelung der Brennkraftmaschine (1) in
Abhängigkeit eines Luftmassensensorsignals (L_1) eines
ersten Luftmassensensors (HFM_1), dadurch gekennzeichnet,
15 dass mindestens ein erstes Hilfssignal (H_1) verwendet
wird, und dass in Abhängigkeit von dem ersten Hilfssignal
der Einfluß einer das Luftmassensensorsignal (L_1)
beeinflussenden Störgröße (S_X) auf die Regelung der
Brennkraftmaschine (1) verringert wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass ein Vergleich (200) des ersten Hilfssignals (H_1) oder
eines aus dem ersten Hilfssignal (H_1) abgeleiteten Signals
mit dem Luftmassensensorsignal (L_1) oder einem aus dem
2 Luftmassensensorsignal (L_1) abgeleiteten Signal
durchgeführt wird, wobei ein Vergleichsergebnis (VE)
erhalten wird.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
dass in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis (VE) eine
Regelgröße (R) für die Steuerung der Brennkraftmaschine (1)
erhalten wird.
- 35 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
dass das erste Hilfssignal (H_1) aus Zustandsgrößen der
Brennkraftmaschine (1) erhalten wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal (H_1) aus einem Signal einer Abgassonde erhalten wird.

5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal (H_1) aus einem Signal eines zweiten Lufmassensensors (HFM_2) erhalten wird.

10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal (H_1) aus einem Signal eines bereits vorhandenen Regensensors des Kraftfahrzeugs erhalten wird.

15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal (H_1) aus einem Signal eines zusätzlichen Sensors erhalten wird, wobei der zusätzliche Sensor aus folgender Gruppe gewählt wird: Ultraschallsensor, Hitzdraht-Luftmassensensor.

20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal (H_1) aus einem Signal eines kapazitiven Sensors erhalten wird, wobei der kapazitive Sensor als integraler Bestandteil des ersten Lufmassensensors (HFM_1) ausgebildet ist.

2 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der kapazitive Sensor als Plattenkondensator mit einer ersten und einer zweiten Kondensatorplatte ausgebildet ist, wobei die erste Kondensatorplatte durch eine Oberfläche des ersten Lufmassensensors (HFM_1) gebildet wird.

30 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal (H_1) aus einem Signal eines ohmschen Sensors erhalten wird, wobei der ohmsche Sensor als integraler Bestandteil des ersten

35

Lufmassensensors (HFM_1) ausgebildet ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,
dass der ohmsche Sensor mindestens zwei, vorzugsweise aus
korrosionsbeständigem Material bestehende Elektroden
aufweist.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch
gekennzeichnet, dass der ohmsche Sensor auf einer
Oberfläche des ersten Luftmassensensors (HFM_1) angeordnet
ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch
gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal (H_1) aus dem
Signal des kapazitiven Sensors nach einem der Ansprüche 9
oder 10 und dem Signal des ohmschen Sensors nach einem der
Ansprüche 11 bis 13 erhalten wird.

15. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch
gekennzeichnet, dass der Vergleich (200) folgende Schritte
umfasst: Differenzieren (210) des Luftmassensensorsignals
(L_1), um ein differenziertes Luftmassensensorsignal
(L_1_1) zu erhalten, Differenzieren (211) des ersten
Hilfssignals (H_1), um ein differenziertes Hilfssignal
(H_1_1) zu erhalten, und Differenzbildung (220) aus dem
differenzierten Luftmassensensorsignal (L_1_1) und dem
differenzierten Hilfssignal (H_1_1), um ein Differenzsignal
(D_1_1) zu erhalten.

16. Verfahren nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch
folgende Schritte: Normieren (210a) des differenzierten
Luftmassensensorsignals (L_1_1) auf einen zeitlichen
Mittelwert (L_1_m) des Luftmassensensorsignals (L_1), und
Normieren (211a) des differenzierten Hilfssignals (H_1_1)
auf einen zeitlichen Mittelwert (H_1_m) des ersten
Hilfssignals (H_1).

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, gekennzeichnet durch folgenden Schritt: Bilden (230) des Betrags des Differenzsignals (D_{1_1}) um ein positives Differenzsignal ($D_{1_1'}$) zu erhalten.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, gekennzeichnet durch folgende Schritte: Filtern (240) des Differenzsignals (D_{1_1}) / des positiven Differenzsignals ($D_{1_1'}$), um ein gefiltertes Differenzsignal (D_{1_1*}) zu erhalten.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, gekennzeichnet durch folgenden Schritt: Vergleichen (250) des Differenzsignals (D_{1_1}) / des gefilterten Differenzsignals (D_{1_1*}) / des positiven Differenzsignals ($D_{1_1'}$) mit mindestens einem vorgebbaren Schwellwert (S_1).

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal (H_1) als Regelgröße (R) erhalten wird, wenn das Vergleichsergebnis (VE) angibt, dass das Differenzsignal (D_{1_1}) / das gefilterte Differenzsignal (D_{1_1*}) größer / kleiner als der erste Schwellwert (S_1) / ein zweiter Schwellwert (S_2) ist, und dass das Luftmassensensorsignal (L_1) als Regelgröße (R) erhalten wird, wenn das Vergleichsergebnis (VE) angibt, dass das Differenzsignal (D_{1_1}) / das gefilterte Differenzsignal (D_{1_1*}) kleiner gleich / größer gleich dem ersten Schwellwert (S_1) / dem zweiten Schwellwert (S_2) ist.

21. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal (H_1) als Regelgröße (R) erhalten wird, wenn das Vergleichsergebnis (VE) angibt, dass das positive Differenzsignal ($D_{1_1'}$) / das gefilterte Differenzsignal (D_{1_1*}) größer als der erste Schwellwert

(S₁) ist, und dass das Luftmassensensorsignal (L₁) als Regelgröße (R) erhalten wird, wenn das Vergleichsergebnis (VE) angibt, dass das positive Differenzsignal (D_{1_1'}) / das gefilterte Differenzsignal (D_{1_1*}) kleiner gleich dem ersten Schwellwert (S₁) ist.

22. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Vergleich (200) folgende Schritte umfasst: Differenzbildung (380) aus dem ersten Hilfssignal (H₁) und dem Luftmassensensorsignal (L₁), um die Regelgröße (R) zu erhalten.

23. Verfahren nach Anspruch 22, durch folgenden Schritt gekennzeichnet: Filterung (340) des Luftmassensensorsignals (L₁) vor der Differenzbildung (380), um ein gefiltertes Luftmassensensorsignal (L_{1*}) zu erhalten.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass zur Filterung (340) ein Tiefpass (340a) verwendet wird.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfrequenz des Tiefpasses (340a) dynamisch und in Abhängigkeit von Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine (1) gewählt wird.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfrequenz des Tiefpasses (340a) in Abhängigkeit von einem Modell der Brennkraftmaschine gewählt wird.

27. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Hilfssignal (H₁) durch Filterung (440) mit einem Hochpaß (440a) aus dem Luftmassensensorsignal (L₁) erhalten wird und als eine Regelgröße (R) zur Steuerung der Brennkraftmaschine (1) verwendet wird.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfrequenz des Hochpasses (440a) dynamisch gewählt wird.

5 29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfrequenz des Hochpasses (440a) in Abhängigkeit von Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine (1) gewählt wird.

10 30. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweites Hilfssignal (H₂) durch Filterung (442) mit einem Tiefpaß (442a) aus dem Luftmassensensorsignal (L₁) erhalten wird, und dass die Regelgröße (R) aus dem ersten Hilfssignal (H₁), dem
15 zweiten Hilfssignal (H₂) und Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine (1) erhalten wird.

20 31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfrequenz des Tiefpasses (442a) dynamisch gewählt wird.

2 32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfrequenz des Tiefpasses (442a) in Abhängigkeit von Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine (1) gewählt wird.

30 33. Verfahren nach Anspruch 29 oder 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfrequenz des Hochpasses (440a) / Tiefpasses (442a) in Abhängigkeit von einem Modell der Brennkraftmaschine (1) gewählt wird.

35 34. Verfahren nach Anspruch 6, wobei beide Luftmassensensoren (HFM₁, HFM₂) so in einem Ansaugrohr (4) der Brennkraftmaschine (1) angeordnet sind, dass in das Ansaugrohr (4) einströmende Luft zuerst den ersten Luftmassensensor (HFM₁) und dann den in Strömungsrichtung

der angesaugten Luft in einem Abstand (D) entfernt angeordneten zweiten Luftmassensensor (HFM_2) erreicht, und wobei der Vergleich (200) folgende Schritte umfasst:

5 Verzögern (510) des Luftmassensensorsignals (L_1) um eine Verzögerungszeit (ΔT), um ein verzögertes Luftmassensensorsignal (L_1_ΔT) zu erhalten, Subtrahieren (520) des ersten Hilfssignals (H_1) vom verzögerten Luftmassensensorsignal (L_1_ΔT), um ein Differenzsignal (D_L_H) zu erhalten, Integrieren (530) des Differenzsignals (D_L_H), um ein Indikatorsignal (A_L_H) zu erhalten, Differenzieren (540) des verzögerten Luftmassensensorsignals (L_1_ΔT) um ein differenziertes Luftmassensensorsignal (L_1_ΔT_1) zu erhalten, Bilden (541) des Betrags des differenzierten Luftmassensensorsignals (L_1_ΔT_1), um ein positives Luftmassensensorsignal (L_1_ΔT_1') zu erhalten, Differenzieren (542) des ersten Hilfssignals (H_1) um ein differenziertes Hilfssignal (H1_1) zu erhalten, Bilden (543) des Betrags des differenzierten Hilfssignals (H1_1), um ein positives Hilfssignal (H1_1') zu erhalten, Subtrahieren (560) des positiven Hilfssignals (H1_1') von dem positiven Luftmassensensorsignal (L_1_ΔT_1'), um ein weiteres Differenzsignal (Z_Diff) zu erhalten.

2 35. Verfahren nach Anspruch 34, gekennzeichnet durch folgende Schritte: Vergleichen (570) des Indikatorsignals (A_L_H) mit mindestens einem Schwellwert, falls das Indikatorsignal (A_L_H) einen Schwellwert übersteigt: Erhalten (580) der Regelgröße (R) aus dem ersten
30 Hilfssignal (H_1) und dem Indikatorsignal (A_L_H), wenn das Differenzsignal (Z_Diff) positiv ist, Erhalten (581) der Regelgröße (R) aus dem Luftmassensensorsignal (L_1) und dem Indikatorsignal (A_L_H), wenn das Differenzsignal (Z_Diff) negativ ist.

35 36. Verfahren nach Anspruch 34 oder 35, dadurch

gekennzeichnet, dass beide Luftmassensensoren (HFM_1, HFM_2) nebeneinander angeordnet sind, dass der Verzögerungsschritt (510) entfällt, und dass der zweite Luftmassensensor (HFM_2) mit einem Wassertropfenabscheider versehen ist.

37. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass ein das dynamische Verhalten des Wassertropfenabscheiders simulierendes Modell bei der Verarbeitung des Luftmassensensorsignals (L_1) und / oder des ersten Hilfssignals (H_1) berücksichtigt wird.

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 34 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass beide Luftmassensensoren (HFM_1, HFM_2) in einer gemeinsamen Sensoranordnung, vorzugsweise in einem gemeinsamen Gehäuse, integriert sind.

39. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 14, gekennzeichnet durch folgende Schritte: Ableiten der Störgröße (S_X) aus dem ersten Hilfssignal (H_1), Erhalten der Regelgröße (R) in Abhängigkeit von der Störgröße (S_X).

40. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Luftmassensensor (HFM_1) als Heißfilm-Luftmassensensor ausgebildet ist.

41. Computerprogramm für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs mit Programmcode, der dazu geeignet ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 40 durchzuführen, wenn er auf einem Computer ausgeführt wird.

42. Computerprogramm nach Anspruch 41, wobei der Programmcode auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert ist.

43. Brennkraftmaschine (1), insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem Steuergerät (2) zur Steuerung/Regelung der Brennkraftmaschine (1) in Abhängigkeit eines Luftmassensensorsignals (L_1) eines ersten Luftmassensensors (HFM_1), dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein erstes Hilfssignal (H_1) vorgesehen ist, um den Einfluß einer das Luftmassensensorsignal (L_1) beeinflussenden Störgröße (S_X) auf die Regelung der Brennkraftmaschine (1) zu verringern.

44. Steuergerät (2) für eine Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, zur Steuerung/Regelung der Brennkraftmaschine (1) in Abhängigkeit eines Luftmassensensorsignals (L_1) eines ersten Luftmassensensors (HFM_1), dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein erstes Hilfssignal (H_1) vorgesehen ist, um den Einfluß einer das Luftmassensensorsignal (L_1) beeinflussenden Störgröße (S_X) auf die Regelung der Brennkraftmaschine (1) zu verringern.

5 05.11.2001 beh/gga
Robert Bosch GmbH , 70442 Stuttgart

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

10 Zusammenfassung

15 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer
Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs,
mit einem Steuergerät (2) zur Steuerung/Regelung der
Brennkraftmaschine (1) in Abhängigkeit eines
Luftmassensensorsignals (L_1) eines ersten
Luftmassensensors (HFM_1).

20 Ein aus zusätzlicher Sensorik oder auch aus Modellen der
Brennkraftmaschine (1) rechnerisch erhaltenes erstes
Hilfssignal (H_1) ermöglicht eine Plausibilitätskontrolle
oder auch die Substitution des Luftmassensensorsignals
(L_1) bei einer Signalstörung des Luftmassensensorsignals
(L_1) und gewährleistet somit, dass die Brennkraftmaschine
2 (1) weiterhin im optimalen Betriebspunkt arbeiten kann.
(Figur 2)



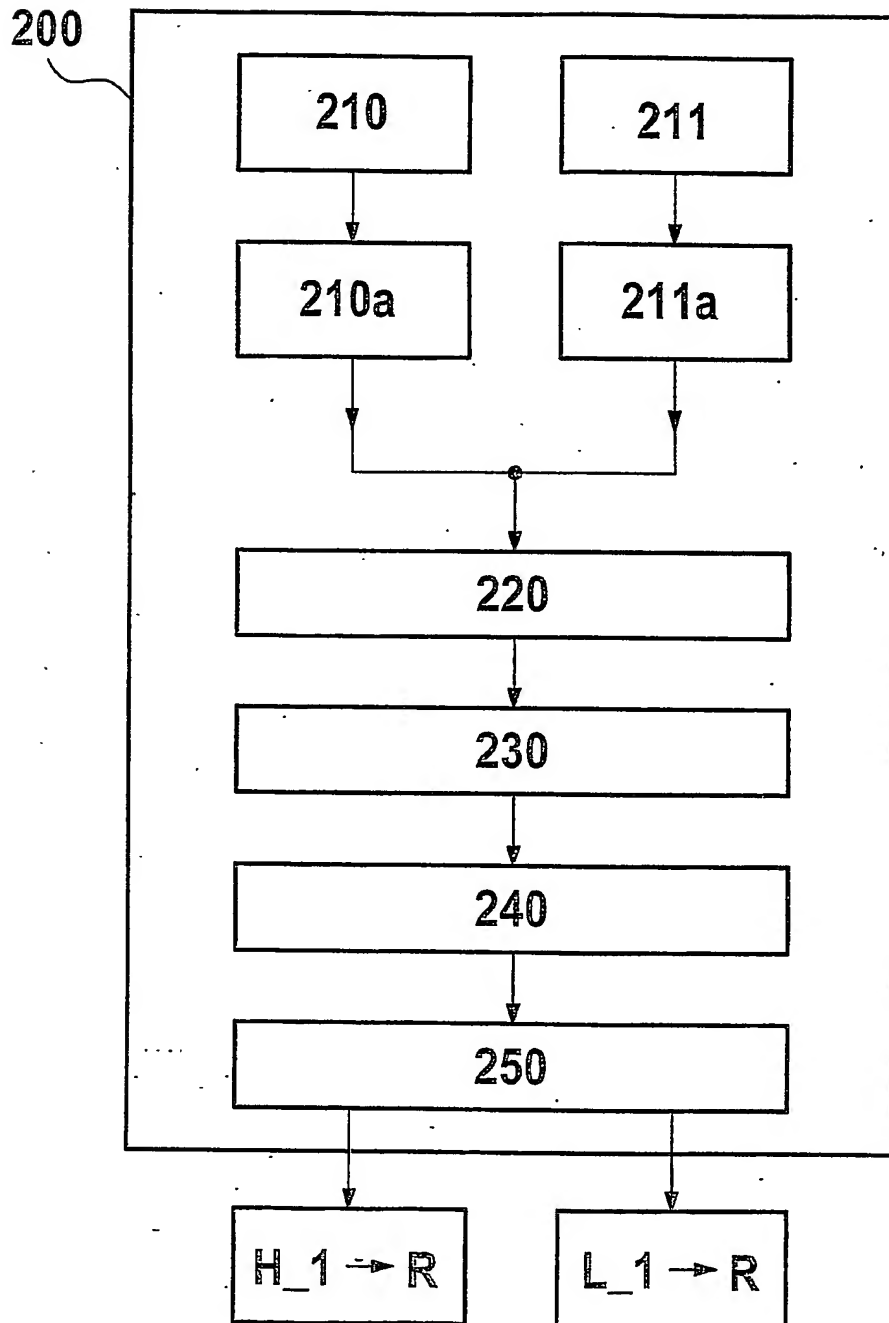


FIG. 1a

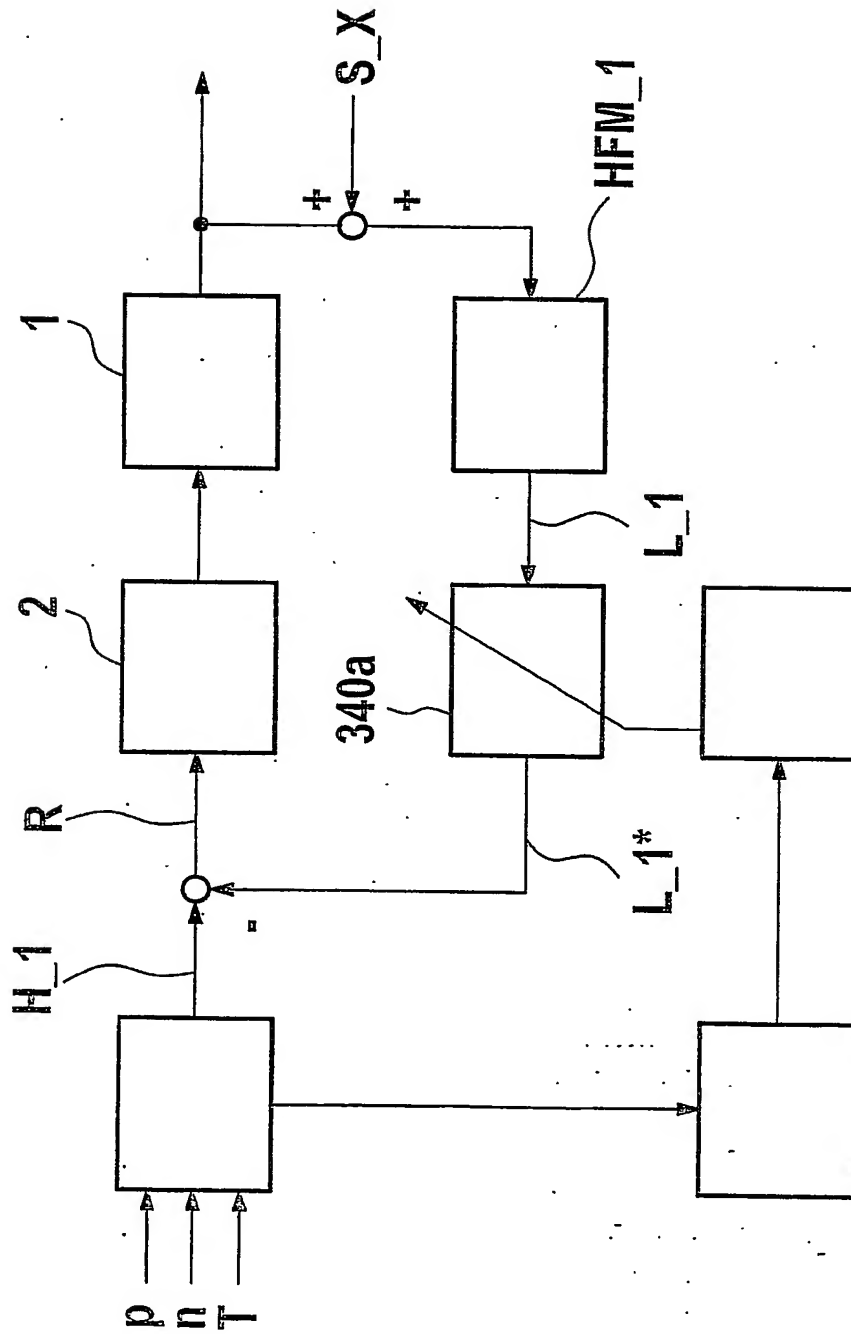


FIG. 2

4 / 6

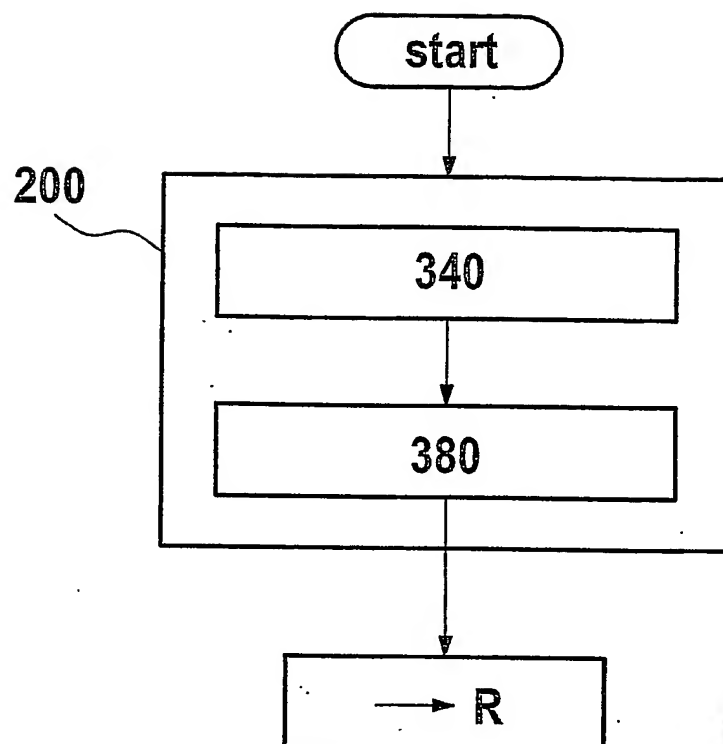


FIG. 2a

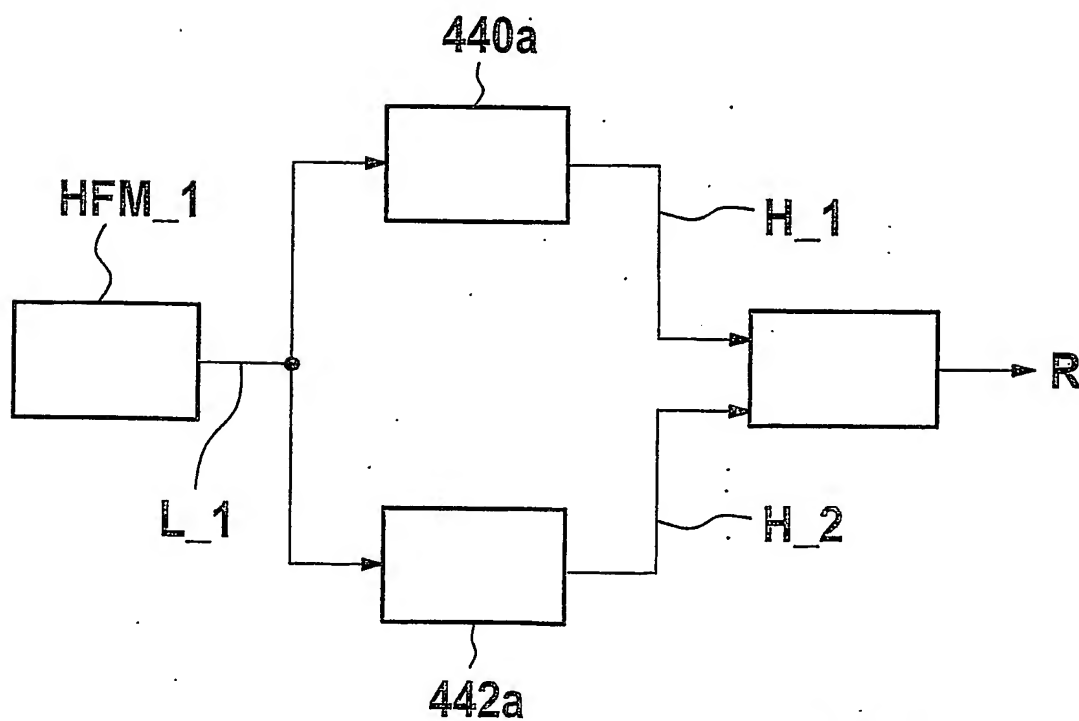


FIG. 3

5 / 6

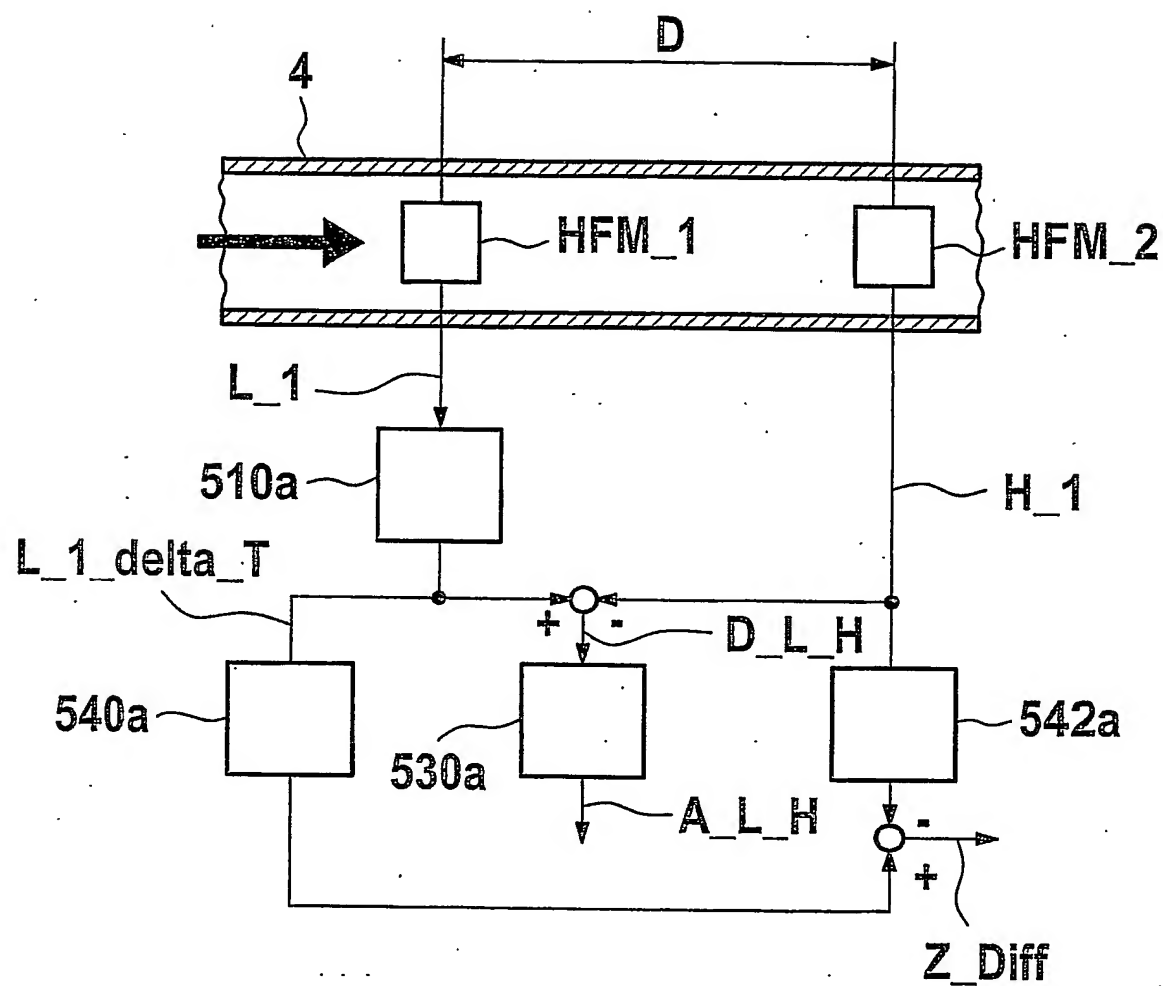


FIG. 4

6 / 6

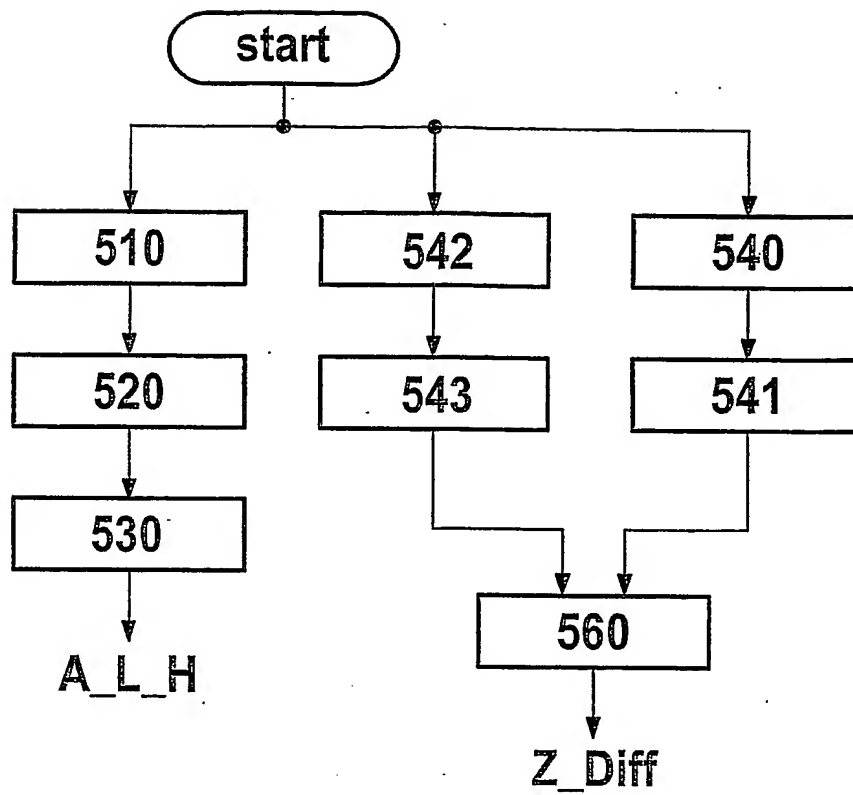


FIG. 4a

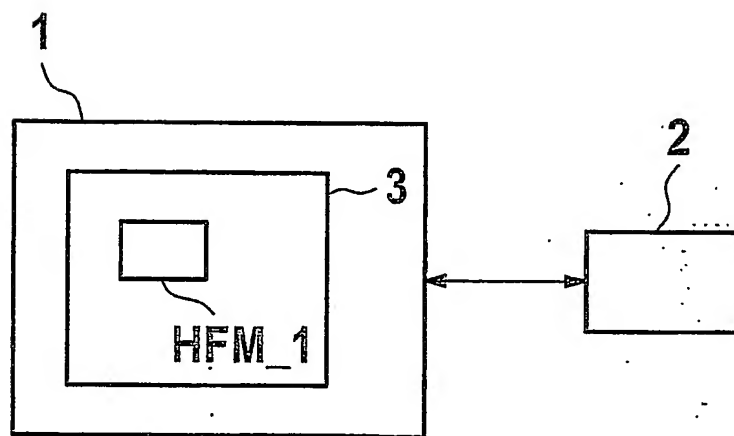


FIG. 5